



Entwicklung der Bauinformatik in Deutschland

Prof. Dr.-Ing. K. Beucke

Die Bauinformatik hat in den vergangenen Jahren einen festen Platz in der Ausbildung der Bauingenieure in Deutschland erhalten. Diese Entwicklung steht im vollen Einklang mit der allgemeinen Entwicklung und Bedeutung der Informationsverarbeitung im Bauwesen und mit den Anforderungen aus der Praxis. Moderne Verfahren bei der Planung, Durchführung und Bewirtschaftung von Bauvorhaben sind ohne die entsprechende Computerunterstützung kaum mehr denkbar. Ein Ende dieser Entwicklung ist noch lange nicht abzusehen. Im Gegenteil steht das Bauwesen hier erst am Anfang der Entwicklung und die moderne Informationsverarbeitung wird eine Schlüsselrolle bei der Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Bauindustrie einnehmen.

Der Anstoß zu der Entwicklung moderner Computer kommt u.a. aus dem Bauwesen. Konrad Zuse wollte die aufwendigen Berechnungsverfahren der Bauingenieure mechanisieren. In der Folge hat die Entwicklung moderner Computer eine ungeahnte und unvorstellbare Dynamik angenommen und gewaltige Auswirkungen auf die Arbeitsweise der Bauingenieure gehabt. Dies gilt bisher hauptsächlich für Berechnungen des physikalischen Verhaltens von Bauwerken. War es früher die hauptsächliche Aufgabe eines Statikers, das Tragverhalten eines Bauwerks so weit zu abstrahieren, daß es den gängigen Berechnungsverfahren noch zugänglich war, so sind mittlerweile der Umfang und der Detaillierung solcher Berechnungen kaum mehr Grenzen gesetzt. Hauptaufgabe der Bauinformatik war es in diesem Zusammenhang, die Formulierung der Rechenverfahren für eine Umsetzung in moderne Computerprogramme vorzunehmen. Diese Aufgaben haben inzwischen Eingang gefunden in den Standardumfang der einzelnen Fachgebiete wie z.B. Statik und Dynamik.

In einer weiteren Phase wurde die Nutzung der Computer ausgedehnt auf die Aufgaben bei der Erstellung technischer Zeichnungen (CAD). Hier kommt die Entwicklung ursprünglich aus dem Maschinenbau und hat heute in vielen Bauunternehmen und Ingenieurbüros die konventionellen Zeichenbretter nahezu verdrängt. Die Rolle der Bauinformatik und der universitären Forschung allgemein war bei dieser Entwicklung zwiespältig. Etliche Bauingenieure lehnten diese Entwicklung als Gegenstand der universitären Forschung und Lehre ab, da sie diese als einen industriellen Prozeß betrachteten, der kein wissenschaftliches Fundament hatte. Die Erstellung und Nutzung abstrakter, industrieller Standardsoftware ("canned software - Software aus der Dose") entsprach nicht dem Anspruch der Bauingenieurausbildung an den Universitäten. Dies änderte sich erst, als es möglich wurde, komplexe Aufgaben

und Verfahren des Bauingenieurwesens auf diese Entwicklung zu übertragen. So erforderte z.B. eine realistische drei-dimensionale Abbildung von Bauwerken und Gelände als digitale Information in einem Rechner spezielle theoretische Modelle, die den Anforderungen im Bauwesen gerecht werden konnten. Eine andere Aufgabenstellung war die Visualisierung physikalischer Zustände zur Auswertung durch den Ingenieur. In der Folge gab es eine Fülle von Entwicklungen, die basierend auf den Funktionalitäten allgemeiner CAD-Software komplexe Aufgabenstellungen der Bauingenieure viel besser als früher unterstützten. Viele technische Lösungen im Bauwesen wären ohne die Verfügbarkeit solcher Werkzeuge überhaupt nicht möglich gewesen und haben die Arbeitsweise der Bauingenieure revolutioniert.

Viele Anwender solcher "vertikaler Lösungen" im Bauwesen, d.h. Lösungen, die eine bestimmte klar definierte Aufgabe (statische Berechnung, Angebotskalkulation, etc.) unterstützen, mußten feststellen, daß alle diese Lösungen sehr unterschiedlich waren. Jedes System benötigte eine aufwendige Einarbeitungsphase und somit Spezialisten, die es bedienen konnten. Die Informationen (Daten), die bei der Nutzung solcher Systeme erzeugt wurden, waren abgelegt in speziellen Formaten, die anderen Systemen nicht oder nur über sogenannte Schnittstellen zugänglich waren. Nichts paßte zusammen. Vor allen Dingen konnte und kann das Ingenieurwissen (die Semantik der Informationen im Bauwesen), das in solchen Systemen mit hohem Aufwand erzeugt wurde, in anderen Systemen in aller Regel nicht genutzt werden. Dies führt zu einer häufig wiederkehrenden Duplizierung von Informationen, wodurch die Informationen in der Regel vielfach redundant gespeichert sind. Die Sicherung der Konsistenz der Informationen, die sich aus dieser Problematik ergibt, ist kaum zu beherrschen. In der Folge kann dies eine große Quelle von Fehlern bedeuten.

Die sogenannte "horizontale Integration", d.h. das abgestimmte Zusammenspiel (sequentiell, zyklisch oder gar parallel), der unterschiedlichen "vertikalen Lösungen" über das komplette Spektrum der Anwendungen im Bauwesen ist aktueller Forschungsgegenstand der Bauinformatik. Die Entwicklung von technischen Modellen, die als Basis einer solchen "horizontalen Integration" dienen können, steht erst am Anfang. Hierzu werden formale Verfahren für die Beschreibung und Nutzung solcher Modelle im Bauwesen benötigt. Ebenso kommt in diesem Zusammenhang der semantischen Standardisierung von Informationsobjekten im Bauwesen eine hohe Bedeutung zu.

Zusätzlich zu den bisher aufgeführten technischen Problemstellungen bekommen Lösungen für betriebswirtschaftliche Problemstellungen einen immer höheren Stellenwert. Diese werden von den großen Unternehmen der Bauindustrie als strategisch wichtige Unternehmensbestandteile eingeschätzt, wohingegen die technischen Systeme oftmals diesen Status verloren haben. Strategische Bedeutung heißt in diesem Zusammenhang, daß eine weitgehende Kontrolle über die Lösungen und eine technologische Unabhängigkeit durch eigene Spezialisten im Unternehmen angestrebt wird. Der Aufwand, der zur Erreichung dieser Ziele akzeptiert wird, liegt häufig um Größenordnungen über dem Aufwand, der für technische Lösungen akzeptiert wird.

In der Bauwirtschaft werden betriebswirtschaftliche Aufgabenstellungen größtenteils noch durch Individuallösungen einzelner Unternehmen gelöst. Viele dieser Lösungen entsprechen nicht mehr dem Stand der Technik und müssen dringend ersetzt werden. Die Großunternehmen der Bauindustrie haben diese Problematik aktiv aufgegriffen und haben begonnen, betriebswirtschaftliche Lösungen für ihre Belange auf der Basis einer konfigurierbaren Standardsoftware zu erstellen. Dieser Weg ist jedoch für die

meisten mittelständischen Unternehmen im Bauwesen, die den Hauptanteil der Bauleistung in Deutschland erbringen, bei weitem zu aufwendig.

Die Bauinformatik hat sich bisher nur in Ausnahmefällen mit betriebswirtschaftlichen Lösungen befaßt.

Anforderungen an die Informationsverarbeitung im Bauwesen

Die Bewahrung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Bauwirtschaft und der Vergleich mit anderen Branchen in der umfassenden Kompetenz bei der Abwicklung komplexer Projekte erfordert dringend neue Ansätze.

Die Unternehmen müssen in die Lage versetzt werden, sämtliche Ressourcen bei der Abwicklung solcher Projekte zeitnah und zuverlässig zu disponieren, zu koordinieren und zu kontrollieren.

Ein Berichtswesen, wie es in anderen Branchen sehr weit entwickelt ist, muß es den Verantwortungsträgern ermöglichen, basierend auf standardisierten Verfahren und objektiven Ergebnissen zu realistischen und aktuellen Beurteilungen zu gelangen, die weitgehend unabhängig von subjektiven Einschätzungen sind. Die klassische Aufteilung in kaufmännische und baubetriebliche Aufgabenstellungen muß überwunden werden. Eine vollkommene Durchgängigkeit der Informationen muß es ermöglichen, die erforderlichen Informationsinhalte flexibel zu generieren (Verdichtung).

Der entsprechende Aufgabenumfang bezieht sich unter anderem auf Abrechnungsstrukturen, Kosten- und Leistungsrechnung, Personalwesen, Rechnungswesen und auf die Anlagen- und Materialwirtschaft. Viele dieser Aufgaben haben sehr spezifische Ausprägungen im Bauwesen und sind aus anderen Branchen nicht übertragbar. Beispielhaft kann hierfür die Behandlung der Lohn- und Gehaltszahlungen im Bauwesen aufgeführt werden, die dem ganz speziellen Tarifrecht entsprechen müssen.

Ein spezifischer Prozeß im Bauwesen, nämlich der Prozeß der Ausschreibung einer Teilleistung, soll beispielhaft aufgezeigt werden: Basierend auf der Erstellung eines Leistungsverzeichnisses wird z.B. eine Nachunternehmer-Ausschreibung vorgenommen. Hieraus ergibt sich eine Kalkulation und ein Angebot, die ggf. zu einem Auftrag führen. Andernfalls müssen Nachunternehmer-Verhandlungen geführt werden und dann ein Zuschlag erteilt werden. Die Erfahrungen mit solchen Nachunternehmern werden bewertet und für zukünftige Anforderungen in ein Informationssystem aufgenommen.

Ein anderes Aufgabengebiet von enorm wachsender Bedeutung ist die Baustellenlogistik. Der beengte Raum vieler Baustellen in Großstadtbereichen und der Zwang, die Vorratshaltung auf der Baustelle auf ein Minimum zu reduzieren, haben hier einen sehr großen Entwicklungsschub bewirkt. Dieser Entwicklungsschub bezieht sich derzeit auf das spezielle Know-How einzelner Firmen. Eine systematische, theoretisch fundierte Behandlung dieses Themas findet nur sehr begrenzt statt. Die Modellierung dieser Abläufe als konsistente Prozeßkette bietet vielversprechende Perspektiven. Internationale Entwicklungen sind hier schon sehr weit vorangeschritten.

Schließlich ergeben sich neue Anforderungen an die Verbesserung der Kommunikation im Bauprozess. Die Einbindung moderner Kommunikationstechnik in die Modellierung von Prozeßketten im Bauwesen bietet hier völlig neue Möglichkeiten.

Diese Technologien erlauben es, Grenzen zu überwinden, die bis vor kurzem noch die Integration solcher Prozeßabläufe behinderten oder gar unmöglich gemacht haben. Große Forschungsprojekte im europäischen Rahmen befassen sich mit dieser Thematik. Stellvertretend soll hier das Projekt MICC (Mobile Integrated Communication in Construction) erwähnt werden, welches unter Beteiligung großer Unternehmen der europäischen Bauindustrie mit großem Aufwand vorangetrieben wird.

Erfahrungen der stationären Industrie

Andere Industriezweige setzen häufig andere Schwerpunkte. Nicht nur wird oftmals die betriebswirtschaftliche Betrachtung stärker betont, sondern eine Integration der technischen und der betriebswirtschaftlichen Aufgabenstellungen wird umgesetzt.

In diesen Branchen ist die Entwicklung sogenannter Unternehmensdatenmodelle (UDM) zur Abbildung kompletter Prozeßketten ein weit akzeptiertes Verfahren, welches einen hohen Reifegrad erlangt hat. Softwarelösungen, die auf solchen UDM's beruhen, sind als konfigurierbare Standardwerkzeuge verfügbar und sie sind kommerziell sehr erfolgreich. Entsprechende Lösungen sind derzeit wohl die einzigen in Deutschland, die in kommerzieller Hinsicht internationale Bedeutung erlangt haben.

Die Bauindustrie hat in der Vergangenheit Vergleiche mit diesen Branchen abgelehnt, da die Aufgabenstellungen nicht vergleichbar seien. Zum einen wird die örtlich ständig wechselnde und zeitlich begrenzte Produktion mit vielen parallel laufenden Produktionsstätten (Baustellen) angeführt und zum anderen die Notwendigkeit der Fertigung lauter Einzelobjekte (Unikate) mit ständig wechselnden Problemlösungen. Auch wenn die Argumentation sicher richtig ist und zusätzliche Probleme aufzeigt, so ist inzwischen vor allem in den großen Bauunternehmen akzeptiert, daß eine prozeßorientierte Betrachtung der Abwicklung komplexer Bauaufgaben unumgänglich ist. Entsprechende Anstrengungen sind in den großen Bauunternehmen folglich in Arbeit und auch schon publiziert.

Die Erfahrungen der stationären Industrie bei der Entwicklung und Einführung dieser Methoden und Werkzeuge können zwar nicht direkt übertragen, aber sicherlich für die entsprechenden Aufgaben im Bauwesen genutzt werden.

Ausgangspunkt war auch hier häufig die Situation, daß eine weitgehende Automatisierung losgelöster Teilprozesse erreicht war. Vielfältige Anwendungssoftware war verfügbar für abgegrenzte Funktionsbereiche bzw. Teilprozesse. Diese Situation erforderte die Beherrschung zahlreicher sogenannter Schnittstellen. Der hiermit verbundene Aufwand war beträchtlich.

Zur Lösung dieser Problematik ist eine systematische Analyse der bestehenden Prozesse erforderlich. Eine Unterteilung der Prozesse in Geschäftsprozesse, Planungsprozesse und Fertigungsprozesse hat sich hierbei als sinnvoll erwiesen. Eine Folge der losgelösten Betrachtung ist auch die Tatsache, daß die einzelnen Teilprozesse in vieler Hinsicht inkompatibel sind. Folglich muß eine Harmonisierung der Teilprozesse im Hinblick auf die verwendeten Begriffe, Inhalte und Verfahren vorgenommen werden. Erst anschließend ist die Prozeßgestaltung als gesamtheitliche Aufgabe möglich. Die Umsetzung der Prozeßgestaltung in konkrete Werkzeuge ist keine Aufgabe, die für jede individuelle Aufgabenstellung vom Grundsatz her jedes Mal neu in Angriff genommen werden kann. Folglich hat sich eine Umsetzung auf der Basis konfigurierbarer Standardwerkzeuge durchgesetzt.

Die rasante Weiterentwicklung der technischen Basis, die um ein Vielfaches schneller erfolgt als die Prozeßgestaltung, hat eine Formulierung der Problemlösung unabhängig von der technischen Basis erfordert. Vom Grundsatz her wird hier der Ansatz verfolgt, die Systeme technisch zu entkoppeln, aber logisch zu integrieren. Hierfür wurden entsprechende Methoden und Werkzeuge entwickelt, die vom Grundsatz her auch im Bauwesen anwendbar sind. Erweiterungen auf die spezifische Problematik unter Berücksichtigung der oben erwähnten Besonderheiten müssen jedoch untersucht werden. Allgemeine Werkzeuge zur Abbildung der definierten Prozesse stehen ebenfalls zur Verfügung und Methoden zur Definition von Systemlösungen haben ein solides theoretisches Fundament.

Anforderungen an eine zeitgemäße Ausbildung der Bauingenieure

Das Arbeitsfeld der Bauingenieure und die verwendeten Methoden und Werkzeuge waren in den vergangenen Jahren sehr starken Änderungen unterworfen. Die Ausbildung der Bauingenieure muß diesen Änderungen und Anpassungen Rechnung tragen, ohne jedoch in die rein applikativen Aspekte abzugleiten, welche einem extrem schnellen technologischen Wandel unterworfen sind. Die Ausbildung in der Bauinformatik muß folglich die weitgehend invarianten technologischen Grundlagen der Anwendungssysteme identifizieren und vermitteln. Sie darf keine Ausbildung im Sinne einer Schulung bestehender Werkzeuge und Verfahren sein. Sie muß die Absolventen in die Lage versetzen, sich mit neuen, nicht vorhersehbaren Problemstellungen auf der Basis eines soliden Grundlagenverständnisses auseinandersetzen und diese bewältigen zu können.

In diesem Zusammenhang ist eine Betrachtung der grundsätzlichen Schwerpunktsetzungen der klassischen Ausrichtung der Ausbildung der Bauingenieure von Bedeutung. Typische Fähigkeiten, die von Bauingenieuren erwartet werden, sind aufgabenorientiert im Sinne einer Problemlösung. Die Grundlagen dieser Tätigkeit sind die Methoden der Mathematik und Physik. Dies gilt für technische Berechnungen wie für Ausarbeitung und Dokumentation der Ergebnisse in Form von technischen Zeichnungen und Berichten. Betriebswirtschaftliche Schwerpunkte sind in der Regel prozeßorientiert, nicht im Sinne einer einzelnen Aufgabe, sondern einer ganzen Abfolge (Kette) vieler Teilaufgaben, die komplexe Abhängigkeiten aufweisen. Hierfür ist vor allem die Fähigkeit zu komplexem Denken im Gesamten über eine gesamte Prozeßkette hinweg erforderlich. Die Grundlagen dieser Fähigkeiten liegen hauptsächlich in der Mathematik und der Betriebswirtschaftslehre. Die Regelwerke und Gesetzmäßigkeiten ergeben sich nicht aus den physikalischen Grundlagen, sondern aus Gesetzestexten und Vorschriften.

Wichtig ist in diesem Zusammenhang vor allem auch die Fähigkeit der Bauingenieure, die bisher verwendeten Verfahren und Prozesse im Hinblick auf das Potential der neuen Methoden und Werkzeuge weiterzuentwickeln oder gar radikal zu überdenken. Dies erfordert ein grundsätzliches Verständnis der technologischen Möglichkeiten einerseits und ein Grundverständnis der fachlichen Problemstellungen andererseits. Folglich müssen diese Anforderungen bezüglich der Verbreiterung des Aufgabenspektrums und hier vor allem bezüglich der betriebswirtschaftlichen Aufgabenstellungen berücksichtigt werden.

Der Hauptverband der deutschen Bauindustrie hat dieser Problematik auf einem Bauingenieur-Symposium: "BAUEN FÜR DIE ZUKUNFT" im April 1996 Rechnung getragen. Dort hat der Präsident dieses Verbandes betont, daß die Qualifikation der

Bauingenieure für die Leistungsfähigkeit der deutschen Bauindustrie und ihre Position im internationalen Wettbewerb eine zentrale Rolle spielt. Er forderte:

- Breit und praxisnah ausgebildete Generalisten, statt wissenschaftlich überfrachteter Spezialisten.
- Stärkere Konzentration auf den Studienschwerpunkt Baubetrieb, ohne dabei den traditionellen Konstruktiven Ingenieurbau zu vernachlässigen
- Betonung des Baumanagements, des Schlüsselfertigen Bauens und Erweiterung auf Projektentwicklung und Gebäudemanagement.
- Stärkere Berücksichtigung der Umwelttechnik und des Betriebs von Infrastruktureinrichtungen.
- Vermittlung juristischer und betriebswirtschaftlicher Grundlagen
- Gute Fremdsprachenkenntnisse, Mobilität und die Fähigkeit, sich auf andere Kulturen einzustellen.

Der Deutsche Beton-Verein wird im Rahmen des Betontages 1997 einen Workshop halten zum Thema "Der Bauingenieur - Neue Aufgaben und Herausforderungen". In diesem Workshop werden der Vorsitzende des Präsidialausschusses "Bauingenieurausbildung" im Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V., sowie Vertreter der Universitäten, der öffentlichen Verwaltung, der Bauunternehmen und der Beratenden und der Prüferingenieure Stellung nehmen zu dieser Thematik.

Der Beginn einer breiten Diskussion dieser Thematik ist in Angriff genommen worden. Sie findet in allen Bereichen des Bauingenieurwesens eine gute Aufnahme und hohe Resonanz. Die aktuelle Brisanz und die Notwendigkeit der Diskussion sind unbestritten.

Konsequenzen für die Ausbildung der Bauingenieure

An verschiedenen Universitäten werden zur Zeit Maßnahmen vorbereitet oder bereits durchgeführt, die den oben erwähnten Entwicklungen Rechnung tragen sollen.

An der Bauhaus-Universität in Weimar ist die Ausschreibung einer Professur für "Betriebswirtschaftslehre im Bauwesen" schon sehr weit vorangeschritten und wird von allen maßgeblichen Hochschulgremien unterstützt.

Im Bereich der Professur "Informatik im Bauwesen" werden zur Zeit Lehrveranstaltungen zu dieser Thematik durchgeführt und durch kompetente externe Referenten unterstützt. Die Erfahrungen aus der Entwicklung und Durchführung großer betriebswirtschaftlicher Steuerungssysteme im Bauwesen werden in diese Lehrveranstaltungen mit eingebunden.

Die notwendigen Hardwarevoraussetzungen für die Untersuchung solcher Systeme sind sehr hoch und immer noch relativ kostspielig in der Anschaffung. Auch hier sind inzwischen die Voraussetzungen geschaffen und eine entsprechend leistungsfähige Hardware steht an der Bauhaus-Universität zur Verfügung. Die Verfügbarkeit bezieht sich dabei nicht auf den Bereich einer Professur, sondern ist über das "Wissenschaftszentrum für Angewandte Informatik und Mathematik" hochschulweit geregelt.

Auch die Softwarevoraussetzungen sind über entsprechende Verträge mit den maßgebenden Softwarehäusern geschaffen worden. Die verfügbare Konfiguration entspricht dem neuesten Stand der Technik und ist in dieser Form weltweit zum ersten Mal installiert.

In einem guten Zusammenwirken der neuen Fachdisziplin "Betriebswirtschaftslehre im Bauwesen" und der "Informatik im Bauwesen" liegt ein großes Potential für einen Beitrag zu einer zukunftsorientierten und bedarfsgerechten Ausbildung der zukünftigen Bauingenieurabsolventen in Weimar.